

509,126

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2003 年 10 月 9 日 (09.10.2003)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 03/083416 A1

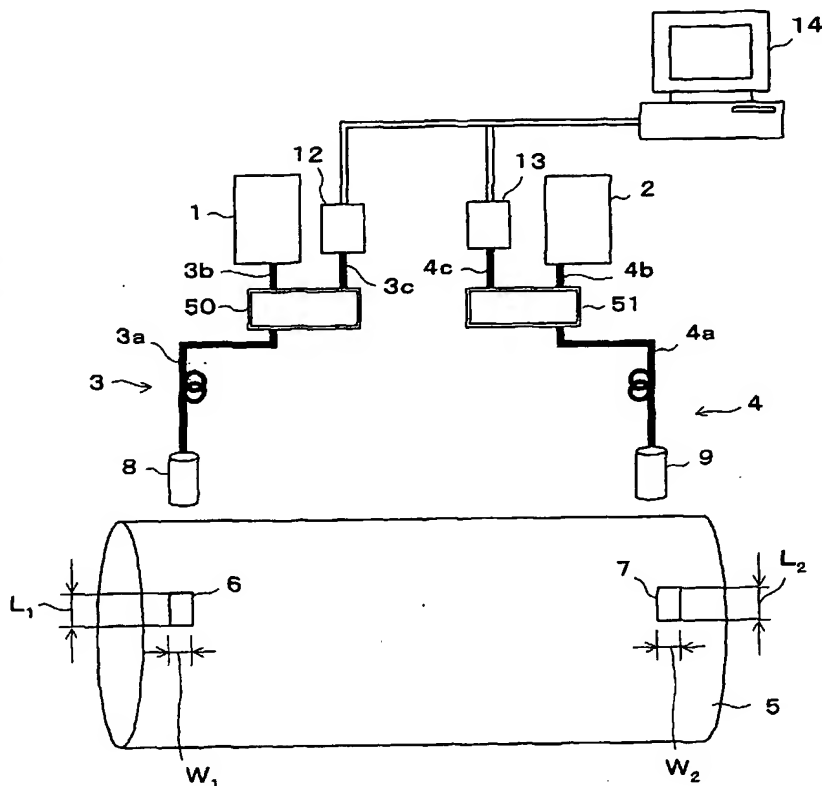
- (51) 国際特許分類: G01H 9/00, 1/10
(21) 国際出願番号: PCT/JP03/03979
(22) 国際出願日: 2003 年 3 月 28 日 (28.03.2003)
(25) 国際出願の言語: 日本語
(26) 国際公開の言語: 日本語
(30) 優先権データ: 特願2002-90296 2002 年 3 月 28 日 (28.03.2002) JP
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社 東芝 (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) [JP/JP]; 〒105-8011 東京都港区芝浦一丁目1番1号 Tokyo (JP).

- (72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 黒田 英彦 (KURODA, Hidehiko) [JP/JP]; 〒221-0811 神奈川県横浜市神奈川区齊藤分町5-2 東芝六角橋アパート2208号 Kanagawa (JP). 兼本 茂 (KANEMOTO, Shigeru) [JP/JP]; 〒236-0052 神奈川県横浜市金沢区富岡西1丁目65-19 Kanagawa (JP). 佐藤 道雄 (SATO, Michio) [JP/JP]; 〒237-0066 神奈川県神奈川県横須賀市湘南鷹取2丁目2-20 Kanagawa (JP). 大八木 清人 (OYAGI, Kiyoto) [JP/JP]; 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町790-8 Kanagawa (JP).
(74) 代理人: 猪股 祥晃, 外 (INOMATA, Yoshiaki et al.); 〒105-0001 東京都港区虎ノ門1丁目15番7号 T G 1 1 5 ビル 6 階 東陽国際特許事務所内 Tokyo (JP).

[続葉有]

(54) Title: TORSIONAL VIBRATION MEASURING INSTRUMENT

(54) 発明の名称: ねじり振動測定装置



(57) Abstract: A torsional vibration measuring instrument comprises reflecting means (6, 7) arranged at predetermined axial interval on an object rotator (5) the torsional vibration of which is to be measured, pulse light beam applying means (1, 2) for outputting a repetitive pulse light beam to be applied to the reflecting means, and transmission transmitting means (3, 4) for transmitting the outputted pulse light beam. The torsional vibration measuring instrument further comprises transmitting/receiving means (8, 9) for causing the transmitted pulse light beam to fall on the reflecting means and receiving the reflected pulse light beams reflected from the reflecting means and reception transmitting means (3, 4) for transmitting the received reflected pulse light beams. The torsional vibration measuring instrument still further comprises sensing means (12,13) for sensing the reflected pulse light beams transmitted by the reception transmitting means (12,13) and signal processing means (14) for processing the pulse output signals outputted from the sensing means and calculating the torsional vibration frequency of the

[続葉有]



WO 03/083416 A1

object rotator.



(81) 指定国 (国内): JP, US.

(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (DE, FR).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

添付公開書類:

— 国際調査報告書

(57) 要約: ねじり振動計測装置は、ねじり振動を計測すべき対象回転体(5)の表面に軸方向に所定の距離において配置された複数の反射手段(6、7)と、前記複数の反射手段に照射すべき繰り返しパルス光線を出射するパルス光照射手段(1、2)と、前記出射されたパルス光線を伝送する送信用伝送手段(3、4)と、を有する。さらにねじり振動計測装置は、前記伝送されたパルス光線を前記複数の反射手段に照射し、前記複数の反射手段によって反射された複数の反射パルス光線をそれぞれ受光する複数の送受信手段(8、9)と、前記受光された複数の反射パルス光線を伝送する受信用伝送手段(3、4)と、を備えている。さらにねじり振動計測装置は、前記受信用伝送手段によって伝送された複数の反射パルス光線を検知する複数の検知手段(12、13)と、前記複数の検知手段がそれぞれ出力する複数のパルス出力信号を処理して対象回転体のねじり振動周波数を演算する信号処理手段(14)と、を備えている。

明 細 書

ねじり振動計測装置

5 技術分野

本発明は、回転機器や車両等における回転体のねじり振動を高精度に非接触計測するねじり振動計測装置に関する。

背景技術

- 10 回転体のねじり振動を計測する従来の技術は、例えば、特開平 7 - 5 0 5 6 号公報および米国特許第 5, 438, 882 号公報に開示されている。このシステムは、集束レンズを取り付けた一対の光検出器とこれら光検出器の出力をデジタルデータに変換する制御器と、前記光検出器の出力波形を表示するオシロスコープと、前記デジタルデータを分析するコンピ
15 ュータと、分析結果を表示するディスプレイと、回転体に取り付けられた反射性のマークバンドとから構成されている。

反射性のマークバンドは、測定対象である回転体の円周一周に巻き付けて取り付けられている。この反射性のマークバンドの構造は、軸方向に平行な線またはマークが周方向に等ピッチ d で並ぶ構造になっている。

- 20 線またはマークは反射性であり、線またはマーク以外の部分は非反射性である。集束レンズを取り付けた一対の光検出器は、一対の反射性のマークバンドに対し、それぞれ対向する位置に設置されている。

- この装置の作用を説明すると、角速度 Ω で回転する半径 R の回転体を計測すると、反射性のマークバンドで反射した光は、集束レンズによって集束されて光検出器で検知される。この結果、光検出器の出力波形を
25 表示するオシロスコープでは、時間間隔 $\tau = d / (R \Omega)$ のパルス信号

を検知することができる。

ねじり振動がない場合、パルス信号の位相差は一定となる。ねじり振動がある場合、パルス信号の位相差は一定ではなくなり、時間的に振動する位相差が発生する。この位相差の変動を求めるため、制御器においてパルス信号をデジタル化する。そして、コンピュータによるデジタル分析を行って位相差の変動を求める。ねじり振動周波数は位相差の変動から求め、ディスプレイにねじり振動周波数を表示する。

ところで上記従来装置では、対象とする回転体に軸振動、すなわち軸のねじり以外の振動が存在する場合、パルス信号の立ち上り時間および立ち下り時間や信号振幅が、この軸振動によって変化する。このため、理想的なパルス信号を得ることが難しく、その結果、ねじり振動および回転速度の正確な計測が困難となるという問題がある。

本発明は、上記課題を解決するためになされたもので、その目的は、対象回転体の回転軸に軸振動が存在する場合であっても回転体のねじり振動を高精度に計測することが可能なねじり振動計測装置を提供することにある。

発明の開示

上記目的を達成するために、この発明に係るねじり振動計測装置は、ねじり振動を計測すべき対象回転体の表面に軸方向に所定の距離をおいて配置された複数の反射手段と、前記複数の反射手段に照射すべき繰返しパルス光線を出射するパルス光照射手段と、前記出射されたパルス光線を伝送する送信用伝送手段と、前記伝送されたパルス光線を前記複数の反射手段に照射し、前記複数の反射手段によって反射された複数の反射パルス光線をそれぞれ受光する複数の送受信手段と、前記受光された複数の反射パルス光線を伝送する受信用伝送手段と、前記受信用伝送手

段によって伝送された複数の反射パルス光線を検知する複数の検知手段と、前記複数の検知手段がそれぞれ出力する複数のパルス出力信号を処理して対象回転体のねじり振動周波数を演算する信号処理手段と、を備えたことを特徴とする。

5

図面の簡単な説明

第1図は、本発明の第1の実施の形態のねじり振動計測装置の構成を示す模式図である。

第2図は、第1図の第1の光線分離装置の具体例を示す詳細構成図である。

10

第3図は、第1の実施の形態のねじり振動計測装置における第1および第2のパルス出力信号の例を示す図である。

第4図は、上記第1の実施の形態のねじり振動計測装置において、パルス振幅が不安定な場合の第1および第2のパルス出力信号を示す図で

15

ある。

第5図は、第1の実施の形態のねじり振動計測装置において、パルス形状およびパルス振幅が不安定な場合の第1および第2のパルス出力信号を示す図である。

第6図は、本発明の第2の実施の形態のねじり振動計測装置の構成を示す模式図である。

20

第7図は、第2の実施の形態のねじり振動計測装置における第1および第2のパルス出力信号の例を示す図である。

第8図は、本発明の第3の実施の形態のねじり振動計測装置の構成を示す模式図である。

25

第9図は、第3の実施の形態のねじり振動計測装置における第1および第2のパルス出力信号の例を示す図である。

第 10 図は、上記第 3 の実施の形態のねじり振動計測装置における第 3 から第 6 のパルス出力信号の例を示す図である。

発明を実施するための最良の形態

5 以下、本発明の実施の形態を図を参照して説明する。

第 1 図は本発明の第 1 の実施の形態のねじり振動計測装置の構成図である。図に示すように、本実施の形態のねじり振動計測装置は、第 1 および第 2 のパルス光線をそれぞれ出射する第 1 のパルス光照射装置 1 および第 2 のパルス光照射装置 2 と、出射された第 1 および第 2 のパルス
10 光線を伝送する第 1 の伝送装置 3 および第 2 の伝送装置 4 とを有する。

対象回転体 5 には、パルス光線を反射する第 1 の反射板 6 および第 2 の反射板 7 が取り付けられている。ねじり振動計測装置はさらに、伝送された第 1 および第 2 のパルス光線を第 1 の反射板 6 および第 2 の反射板 7 に照射し、第 1 の反射板 6 および第 2 の反射板 7 による第 1 および
15 第 2 の反射パルス光線を受光する第 1 の送受信装置 8 および第 2 の送受信装置 9 を備えている。

ねじり振動計測装置はさらに、第 1 の伝送装置 3 および第 2 の伝送装置 4 によって伝送される第 1 および第 2 の反射パルス光線を検知する第 1 の検知装置 12 および第 2 の検知装置 13 と、第 1 の検知装置 12 および第 2 の検知装置 13 が出力する第 1 および第 2 のパルス出力信号を
20 処理して対象回転体 5 のねじり振動周波数等を演算する信号処理装置 14 とを備えている。

第 1 のパルス光照射装置 1 および第 2 のパルス光照射装置 2 は、パルス繰り返し周波数 f_p [Hz] およびパルス時間幅 w_p [s] が調整可能なパルス光源で構成されている。例えば、半導体レーザ、その他のパ
25 ルスレーザ、LED やフラッシュランプ等を用いることができる。

第 1 の伝送装置 3 および第 2 の伝送装置 4 は、例えば光ファイバで構成され、第 1 のパルス光照射装置 1 および第 2 のパルス光照射装置 2 との結合部には結合効率を高めるため、球面レンズ、非球面レンズ、複数枚の張り合わせレンズまたは組み合わせレンズ、屈折率分布型レンズ、
5 ボールレンズ等のレンズ素子を介して結合するように構成されている。

第 1 図に示すように、第 1 のパルス照射装置 1 および第 2 のパルス照射装置 4 から発した第 1 および第 2 のパルス光線は、それぞれ光ファイバ 3 b、4 b を通って第 1 の光線分離装置 5 0 および第 2 の光線分離装置 5 1 を通り、光ファイバ 3 a、4 a を通して第 1 の送受信装置 8 およ
10 び第 2 の送受信装置 9 に導かれる。第 1 の送受信装置 8 および第 2 の送受信装置 9 から発せられたパルス光線がそれぞれ、第 1 の反射板 6 および第 2 の反射板 7 に当たると、ここで反射し、第 1 の送受信装置 8 および第 2 の送受信装置 9 に戻される。第 1 の送受信装置 8 および第 2 の送受信装置 9 に戻された反射パルス光線は、再び光ファイバ 3 a、4 a を
15 通って第 1 の光線分離装置 5 0 および第 2 の光線分離装置 5 1 に戻る。第 1 の光線分離装置 5 0 および第 2 の光線分離装置 5 1 に戻ったパルス光線はここで分離され、少なくとも一部は光ファイバ 3 c、4 c を通って、第 1 の検出装置 1 2 および第 2 の検出装置 1 3 へ導かれる。

第 1 の光線分離装置 5 0 は、例えば第 2 図のように構成されている。
20 すなわち、光ファイバ 3 b から入射されるパルス光線は第 1 のレンズ 7 0 を通った後に半透過反射板 7 1 を透過してさらに第 2 のレンズ 7 2 を透過し、光ファイバ 3 a を通して出て行く。一方、光ファイバ 3 a を通して入射される反射パルス光線は、第 2 のレンズ 7 2 を通った後に半透過反射板 7 1 で反射され、さらに反射板 7 3 で反射され、第 3 のレンズ
25 7 4 を通って、光ファイバ 3 c を通して出て行く。第 2 の光線分離装置 5 1 も同様の構造である。

なお、他の実施の形態として、光ファイバを用いることなく、ミラーなどを用いてパルス光線を空間伝送するようにした第1の伝送装置3および第2の伝送装置4を形成することもできる。

再び第1図において、第1の反射板6および第2の反射板7は、第1および第2のパルス光線を高効率で正反射させる反射領域で構成される。この反射領域は、対象回転体5の周に沿って、半径方向外側に向けて配置されている。

第1の送受信装置8および第2の送受信装置9は、それぞれ、第1の反射板6および第2の反射板7に対して垂直にパルス光線を照射できるように、対象回転体5の回転軸に垂直な方向に向けてパルス光線を出すように配置されている。

第1の反射板6および第2の反射板7の軸方向長さ W_1 [m] および W_2 [m]、周方向長さ L_1 [m] および L_2 [m] は、次の式(1)および式(2)を満足するように構成されている。厚さ方向長さの制限は特にない。

$$W_1 > V_a > \Phi, \quad W_2 > V_a > \Phi \quad \cdots (1)$$

$$L_1 >> V_r >> \Phi, \quad L_2 >> V_r >> \Phi \quad \cdots (2)$$

ただし、 V_a [m] は対象回転体5の軸方向の振動振幅であり、 V_r [m] は対象回転体5の周方向（かつ第1および第2のパルス光線の照射と垂直方向）の振動振幅であり、 Φ [m] は対象回転体5の表面上における第1および第2のパルス光線のビーム径である。

第1の送受信装置8および第2の送受信装置9は、前述のレンズ素子と同様のものを用いて構成され、第1および第2のパルス光線を平行或いは集光或いは拡散状態にし、対象回転体5の表面上でのビーム径 Φ [m] となるようになっている。そして、第1の反射板6および第2の反射板7による第1および第2の反射パルス光線を第1の伝送装置3お

よび第2の伝送装置4と高効率で結合させるように構成されている。

第1の検知装置12および第2の検知装置13は、各種フォトダイオード、光電管、光電子増倍管等の光電変換素子で構成されている。また、第1の伝送装置3および第2の伝送装置4によって伝送された第1および第2の反射パルス光線は、必要に応じて前述のレンズ素子と同様のものによって集光され、第1の検知装置12および第2の検知装置13に入射するように構成されている。

信号処理装置14はアナログ・デジタル変換器および計算機で構成され、第1の検知装置12および第2の検知装置13の出力のアナログ電気信号を各々デジタル電気信号に変換して取り込み、ねじり振動を求める信号処理を行うようになっている。なお、アナログやデジタルの回路装置によって専用の信号処理装置14を構成してもよい。

以上のように構成した第1の実施の形態のねじり振動計測装置の作用を以下に説明する。すなわち、第1のパルス光照射装置1から出射された第1第1のパルス光線は、第1の伝送装置3の光ファイバ3b、第1の光分離装置50、光ファイバ3aを通して第1の送受信装置8へ伝送される。第1の送受信装置8では、対象回転体5の第1の反射板6に対し、前記式(1)および式(2)を満足するビーム径 Φ [m]となるように第1のパルス光線が照射される。第2のパルス光線も第1のパルス光線と同様である。

軸振動を有する対象回転体5が回転周波数 f_m [Hz]で回転する場合、第1のパルス光線が反射領域に照射された場合に限り第1の反射パルス光線が発生する。一方、対象回転体5の軸振動は、(a)対象回転体5の軸方向、(b)第1の送受信装置8が照射する第1のパルス光線と同一方向、(c)対象回転体5の周方向(第1のパルス光線が照射される方向と垂直の方向)の3成分に分解できる。第1の反射パルス光

線は、前記式（１）によって、対象回転体５の軸方向の振動の影響を受けない。さらに、第１のパルス光線が平行光或いは極めて小さいビーム径であるため、焦点深度が深く、対象回転体５の第１のパルス光線の照射方向と同一方向の振動の影響を受けることがない。

5 第１の反射パルス光線は、第１の送受信装置８から、第１の受信用伝送装置３の光ファイバ３ａ、第１の光線分離装置５０、光ファイバ３ｃを通過して第１の検知装置１２へ伝送される。第１の検知装置１２では、第１の反射パルス光線を検出して光電変換する。第１の反射パルス光線も同様である。

10 第３図に示すように、 n 個のパルスからなる第１のパルス出力信号１５が対象回転体５の１回転毎に出力される。ここで、送受信装置８、９の前を一つの反射板６、７が通過する間に反射板６、７に照射され、反射されるパルス光の数を n (≥ 2) とする。この場合、前述のように、対象回転体５の軸方向の振動の影響、および、対象回転体５の第１のパルス光線の照射方向と同一方向の振動の影響を受けることがなく、さら
15 に前記式（２）が作用するため、第１のパルス出力信号１５の立ち上り時間および立ち下り時間は、第１のパルス光線の立ち上り時間および立ち下り時間となる。

他方、同様の作用の結果、第２のパルス出力信号１６の立ち上り時間
20 および立ち下り時間は、第２のパルス光線の立ち上り時間および立ち下り時間となる。

第１のパルス出力信号１５および第２のパルス出力信号１６は、アナログ信号からデジタル信号へ変換された後、信号処理装置１４に取り込まれる。信号処理装置１４では、第１のパルス出力信号１５を構成する
25 第 i 番目 ($1 \leq i \leq n$) のパルスにおいて、第３図に示すように立ち上りパルスに対してパルス振幅の相対レベル V_s [%] ($1 \leq V_s \leq 10$

0) の閾値を設定し、第 i 番目のパルスのトリガ時間 t_{r_i} [s] を計測する。

同様に、1回転後の第 i 番目のパルスに対し、相対レベル V_s [%] を用いてトリガ時間 t_{r_i}' [s] を計測する。そして、このトリガ時間 t_{r_i} [s] および t_{r_i}' [s] を、第1のパルス出力信号15を構成する全てのパルスに対して計測し、下記の式(3)を用いて構成パルスで平均化して第1のパルス出力信号15の回転周期 T_1 [s] を求める。

$$T_1 = \sum_{i=1}^n (t_{r_i}' - t_{r_i}) / n \quad \dots (3)$$

このように構成パルス数 n で平均して回転周期 T_1 [s] を求めることによって、回転周期 T_1 [s] の計測精度を高めることができる。

同様にして、第2のパルス出力信号16の回転周期 T_2 [s] を求め、下記の式(4)によって回転周期の時間差 T_t [s] を時間とともに順次求め、その周波数解析を行うことによってねじり振動周波数 f_t [Hz] を求める。なお、対象回転体5の周方向の振動の影響は T_1 [s] , T_2 [s] に重畳するが同量であるため、式(4)によってキャンセルされ、除去される。

$$T_t = |T_1 - T_2| \quad \dots (4)$$

上述したように、第1のパルス出力信号15および第2のパルス出力信号16は、対象回転体5の軸方向の振動、周方向の振動や第1および第2のパルス光線が照射される方向と同一方向の振動による影響を受けないことになる。その結果、対象回転体5が軸振動を有する場合であっても、回転周期 T_1 [s] および T_2 [s] を計測し、式(4)によって回転周期の時間差 T_t を時間とともに順次求め、その周波数解析を行うことによってねじり振動周波数 f_t [Hz] を高精度に計測することが可能となる。

次に、上記第 1 の実施の形態のねじり振動計測装置の上記と異なる作用を第 4 図によって説明する。例えば、第 1 の検知装置 1 2 および第 2 の検知装置 1 3 において、ノイズが多い場合、第 1 のパルス出力信号 1 7 および第 2 のパルス出力信号 1 8 は、第 4 図に示すようにパルス振幅が不安定で変動することになる。

この場合、信号処理装置 1 4 のトリガ時間計測は前述の第 3 図によって説明した手法ではなく、第 1 のパルス出力信号 1 7 を構成する n 個のパルスのうち第 i 番目 ($1 \leq i \leq n$) のパルスにおいて、立ち上りパルスに対する微分処理を行い、第 4 図に示すようにその最大値を第 i 番目のパルスのトリガ時間 $t_{ri} [s]$ とする。同様に、1 回転後の第 i 番目のパルスに対して微分処理を行い、トリガ時間 $t_{ri}' [s]$ を求める。そして、このトリガ時間 $t_{ri} [s]$ および $t_{ri}' [s]$ を、第 1 のパルス出力信号 1 7 を構成する全てのパルスに対して計測し、前記の式 (3) を用いて構成パルスで平均化して第 1 のパルス出力信号 1 7 の回転周期 $T_1 [s]$ を求める。同様にして、第 2 のパルス出力信号 1 8 の回転周期 $T_2 [s]$ を求め、ねじり振動周波数 $f_t [Hz]$ を求める。

このように、第 1 のパルス出力信号 1 7 および第 2 のパルス出力信号 1 8 の各構成パルスの振幅が不安定で変動する場合であっても、第 1 のパルス出力信号 1 7 および第 2 のパルス出力信号 1 8 の各構成パルスのトリガ時間 $t_{ri} [s]$ および $t_{ri}' [s]$ を求めることができ、ねじり振動周波数 $f_t [Hz]$ を高精度に計測することが可能となる。

また、第 1 の実施の形態のねじり振動計測装置のさらに異なる作用を第 5 図によって説明する。例えば、第 1 の検知装置 1 2 および第 2 の検知装置 1 3 においてノイズが更に多い場合、第 1 のパルス出力信号 1 9 および第 2 のパルス出力信号 2 0 は、第 5 図に示すようにパルス形状やパルス振幅が不安定で変動することになる。

この場合、信号処理装置 14 のトリガ時間計測は前述の第 3 図或いは第 4 図によって説明した手法ではなく、第 1 のパルス出力信号 19 を構成する第 i 番目 ($1 \leq i \leq n$) のパルスを計測した時刻における第 1 のパルス光照射装置 1 のパルスカウント $p c_i$ を計測する。ここで、パルス
5 スカウントとは、任意の基準時刻を基点とした計数パルス数である。また、パルスの認識は、ハイレベル或いはローレベル出力を一定時間以上計測した場合、或いは出力の積算値が規定値以上になる場合などの方法による。

続いて、1 回転後の第 i 番目のパルスを検知した時刻のパルスカウント $p c_i'$ を計測する。そして、このパルスカウント $p c_i$ および $p c_i'$
10 を第 1 のパルス出力信号 19 を構成する全てのパルスに対して計測し、下記の式 (5) に示すように構成パルスで平均化して第 1 のパルス出力信号 19 の回転周期 T_1 [s] を求める。

$$T_1 = \sum_{i=1}^n (p c_i' - p c_i) / f p^2 / n \quad \dots (5)$$

15 同様に、第 2 のパルス出力信号 20 についても回転周期 T_2 [s] を求め、ねじり振動周波数 f_t [Hz] を求める。

このように、第 1 のパルス出力信号 19 および第 2 のパルス出力信号 20 の各構成パルスのパルス形状やパルス振幅が不安定で変動する場合であっても、パルス計数によって第 1 のパルス出力信号 19 および第 2
20 のパルス出力信号 20 の回転周期 T_1 [s] および T_2 [s] を求めることができ、ねじり振動周波数 f_t [Hz] を高精度に計測することが可能となる。

つぎに、第 1 の実施の形態のねじり振動計測装置のさらに異なる作用について説明する。例えば、第 1 の検知装置 12 および第 2 の検知装置
25 13 においてノイズが更に多い場合、第 1 のパルス出力信号 19 および

第2のパルス出力信号20は、パルス形状やパルス振幅が不安定で変動することに加え、反射領域以外においてもノイズが発生するようになる。そして、この反射領域以外のノイズのため、1回転後の第1のパルス出力信号19および第2のパルス出力信号20の計測が困難になる場合がある。

この場合、信号処理装置14のトリガ時間計測では、第1のパルス出力信号19を構成するn個のパルスのうちの第1番目と第n番目のパルスの時間間隔($t_{r_n} - t_{r_1}$) [s]、或いは計測パルス数($p_{c_n} - p_{c_1}$)を計測する。そして、第1の反射板6の周方向長さ L_1 [m]を用い、下記の式(6)を計算することによって、第1のパルス出力信号19の回転周期 T_1 [s]を求める。

$$T_1 = (2\pi R / L_1) \cdot (t_{r_n} - t_{r_1})$$

$$= (2\pi R / L_1) \cdot (p_{c_n} - p_{c_1}) / f_p \quad \dots (6)$$

但し、 f_p は第1のパルス光線のパルス繰り返し周波数 [Hz] であり、 R は対象回転体5の回転半径 [m] である。

同様に、第2のパルス出力信号20についても回転周期 T_2 [s]を求め、ねじり振動周波数 f_z [Hz]を求める。

このように、第1のパルス出力信号19および第2のパルス出力信号20の各構成パルスのパルス形状やパルス振幅が不安定で変動し、さらに反射領域以外においてもノイズが発生する場合であっても、第1のパルス出力信号19および第2のパルス出力信号20の構成パルスを用いるため、反射領域以外に発生するノイズの影響を受けることなく、第1のパルス出力信号19および第2のパルス出力信号20の回転周期 T_1 [s]および T_2 [s]を求めることができ、ねじり振動周波数 f_z [Hz]を高精度に計測することが可能となる。

次に、第1の実施の形態のねじり振動計測装置のさらに異なる作用に

ついて説明する。例えば、第 1 のパルス出力信号 1 5 および第 2 のパルス出力信号 1 6 にノイズが重畳し、回転周期 T_1 [s] および T_2 [s] の計測精度が低下する場合がある。

この場合、第 1 のパルス光照射装置 1 および第 2 のパルス光照射装置 2 において、パルス繰り返し周波数 f_p [Hz] を高くする。また、必要に応じてパルス時間幅 w_p [s] を短くする。この結果、信号処理装置 1 4 では、構成パルス数 n' ($n' > n$) の第 1 のパルス出力信号 1 5 および第 2 のパルス出力信号 1 6 が取り込まれる。

信号処理装置 1 4 では、式 (3)、式 (5) 或いは式 (6) のいずれかによって第 1 および第 2 のパルス出力信号の回転周期 T_1 [s] および T_2 [s] を求める。その際、いずれの場合も構成パルス数 n より大きい構成パルス数 n' で平均化することになるため、回転周期に対する計測精度の低下を防ぐことが可能となる。この結果、ねじり振動周波数 f_t [Hz] を高精度に求めることができる。

このように、第 1 のパルス出力信号 1 5 および第 2 のパルス出力信号 1 6 にノイズが重畳する場合であっても、第 1 のパルス光照射装置 1 および第 2 のパルス光照射装置 2 のパルス繰り返し周波数 f_p [Hz] を高くすることによって、第 1 および第 2 のパルス出力信号の構成パルス数 n を増加させることができ、式 (3)、式 (5) 或いは式 (6) によって計測精度を低下させることなく第 1 のパルス出力信号 1 5 および第 2 のパルス出力信号 1 6 の回転周期 T_1 [s] および T_2 [s] を計測することができ、対象回転体 5 のねじり振動周波数 f_t [Hz] を高精度に求めることが可能となる。

次に、第 6 図および第 7 図を参照して本発明の第 2 の実施の形態のねじり振動計測装置を説明する。ここで、第 1 の実施の形態と共通または類似の部分には共通の符号を付して、重複説明は省略する。

第 6 図に示すように、本実施の形態のねじり振動計測装置は、第 1 および第 2 のパルス光線を出射する第 1 の波長可変パルス照射装置 6 1 および第 2 の波長可変パルス照射装置 6 2 と、出射された第 1 および第 2 のパルス光線を伝送する第 1 の伝送装置 3 および第 2 の伝送装置 4 とを有する。対象回転体 5 には、光線を反射する第 1 の多重化反射板 2 3 および第 2 の多重化反射板 2 4 が取り付けられている。ねじり振動計測装置はさらに、伝送された第 1 および第 2 のパルス光線を第 1 の多重化反射板 2 3 および第 2 の多重化反射板 2 4 に照射し、第 1 の多重化反射板 2 3 および第 2 の多重化反射板 2 4 による第 1 および第 2 の反射パルス光線を受光する第 1 の送受信装置 8 および第 2 の送受信装置 9 を備えている。

また、ねじり振動計測装置はさらに、前記受光された第 1 および第 2 の反射光線を伝送する第 1 の伝送装置 3 および第 2 の伝送装置 4 と、伝送された第 1 および第 2 の反射光線を第 1 および第 2 の反射パルス光線と分離する第 1 の光線分離装置 5 0 および第 2 の光線分離装置 5 1 を有する。ねじり振動計測装置はさらに、第 1 の光線分離装置 5 0 および第 2 の光線分離装置 5 1 によって分離された第 1 および第 2 の反射パルス光線を波長的に選択する第 1 の波長選択素子 5 5 および第 2 の波長選択素子 5 6 と、波長的に選択された第 1 および第 2 の反射パルス光線を検知する第 1 の光検知装置 1 2 および第 2 の光検知装置 1 3 と、第 1 の光検知装置 1 2 および第 2 の光検知装置 1 3 が出力する第 1 および第 2 のパルス出力信号を信号処理する信号処理装置 1 4 とを備えている。

第 1 の波長可変パルス光照射装置 6 1 および第 2 の波長可変パルス光照射装置および 6 2 は、波長を変えて光線を照射する光源で構成されている。このような光源の例としては、液体、固体、半導体等の波長可変レーザ、非線形光学結晶を用いたレーザ、波長選択素子を用いた LED

やランプが挙げられる。また、発振波長が異なる複数個のレーザ、LED、ランプで構成することもできる。

第1のパルス光照射装置61および第2のパルス光照射装置62から
5 発した第1および第2のパルス光線は、それぞれ光ファイバ3b、4b
5 を通って第1の光線分離装置50および第2の光線分離装置51を介し
て光ファイバ3a、4aを通して第1の送受信装置8および第2の送受
信装置9に導かれる。

第1の送受信装置8および第2の送受信装置9から発せられたパルス
光線がそれぞれ、第1の多重化反射板23および第2の多重化反射板2
10 4に当たると、ここで反射し、第1の送受信装置8および第2の送受信
装置9に戻される。第1の送受信装置8および第2の送受信装置9に戻
された反射パルス光線は、再び光ファイバ3a、4aを通して第1の光
線分離装置50および第2の光線分離装置51に戻る。第1の光線分離
装置50および第2の光線分離装置51に戻ったパルス光線はここで分
15 離され、少なくとも一部は光ファイバ3c、4cを通して、第1の検出
装置12および第2の検出装置13へ導かれる。

第1の多重化反射板23および第2の多重化反射板24は、第1およ
び第2のパルス光線を高効率で反射する各m個の反射領域と、これらの
反射領域を隔てる低反射領域から構成されている。低反射領域は、第1
20 および第2のパルス光線を吸収（または散乱）するように構成されてい
る。

一方、第1の多重化反射板23および第2の多重化反射板24の各反
射領域の軸方向長さ W_1 [m] および W_2 [m]、周方向長さ L_1 [m]
および L_2 [m]に関しては、前記の式(1)および式(2)を満足す
25 るように構成されている。反射領域と反射領域の間隔は均等でも不均等
でもよい。また、反射領域の数には制限がない。

第 1 の波長選択素子 5 5 および第 2 の波長選択素子 5 6 の例としては、光学フィルタ、回折素子、プリズムなどがある。

第 2 の実施の形態のねじり振動計測装置の作用を第 6 図によって説明する。例えば、第 1 の送受信装置 8 および第 2 の送受信装置 9 が照明環境にあり、照明光の波長が第 1 および第 2 のパルス光線の波長と重なるためノイズ光となり、第 1 のパルス出力信号 2 5 および第 2 のパルス出力信号 2 6 の S N 比（信号／ノイズ比）が低下する場合がある。この場合、第 1 および第 2 のパルス光線の波長をノイズ光となる照明の波長と重ならない波長に変え、第 1 の検知装置 1 2 および第 2 の検知装置 1 3 においてこの波長を選択的に検知するようにする。これにより、高 S N 比の第 1 のパルス出力信号 2 5 および第 2 のパルス出力信号 2 6 を得ることができる。

このように、第 1 および第 2 のパルス光線の波長とノイズ光の波長が重なる場合であっても、第 1 および第 2 のパルス光線の波長をノイズ光と重ならない波長に変えることにより、高 S N 比の第 1 のパルス出力信号 2 5 および第 2 のパルス出力信号 2 6 を得ることができる。

さらに、第 2 の実施の形態のねじり振動計測装置の上記と異なる作用を第 6 図によって説明する。第 1 の送受信装置 8 および第 2 の送受信装置 9 が照明環境にあり、さらに第 1 および第 2 のパルス光線の波長をノイズ光となる照明の波長と重ならない波長に変えることが困難であるため、第 1 のパルス出力信号 2 5 および第 2 のパルス出力信号 2 6 の S N 比が低下する場合がある。この場合、第 1 の波長選択素子 5 5 および第 2 の波長選択素子 5 6 によって第 1 および第 2 の反射パルス光線を波長的に選択し、第 1 の検知装置 1 2 および第 2 の検知装置 1 3 において検知するようにする。これにより、第 1 および第 2 の反射パルス光線の波長以外のノイズ光を除去できるため、高 S N 比の第 1 のパルス出力信号

2 5 および第 2 のパルス出力信号 2 6 を得ることができる。

このように、第 1 および第 2 のパルス光線の波長をノイズ光の波長と重ならない波長に変えることが困難な場合であっても、第 1 および第 2 の反射パルス光線を波長的に選択してノイズ光を除去し、第 1 の検知装置 1 2 および第 2 の検知装置 1 3 において検知することにより、高 S N 比の第 1 のパルス出力信号 2 5 および第 2 のパルス出力信号 2 6 を得ることができる。

さらに、第 2 の実施の形態のねじり振動計測装置のさらに異なる作用について説明する。例えば、第 1 の多重反射板 2 3 および第 2 の多重反射板 2 4 の反射領域における反射率が低下し、第 1 のパルス出力信号 2 5 および第 2 のパルス出力信号 2 6 の S N 比が低下する場合がある。このような状態は、反射板の損傷、劣化、変質、さらには反射板表面へ物質が付着することによって発生する。そして、経年と共に発生確率が増加し、その度合も大きくなる。

このため、第 1 の送受信装置 8 から照射される第 1 のパルス光線が第 1 の多重反射板 2 3 の反射領域に照射された場合、光強度が小さい第 1 の反射パルス光線となる。しかし、第 1 の多重反射板 2 3 の反射領域以外に照射された場合には正反射率が低いため、第 1 の検知装置 1 2 においてはパルス光線が検知されない。したがって、構成パルスの各振幅は小さくなるが第 1 の多重反射板 2 3 の反射領域以外でパルス光線を検知することがないため、第 1 のパルス出力信号 2 5 を得ることができる。

なお、第 2 のパルス出力信号 2 6 についても同様の作用により、構成パルスの各振幅は小さくなるが、その振幅に比べて極めて小さいノイズで構成される高 S N 比の第 2 のパルス出力信号 2 6 を得ることができる。

このように、第 1 の多重反射板 2 3 および第 2 の多重反射板 2 4 における反射領域の反射率が低下した場合であっても、他の領域すなわち低

反射領域（散乱領域または吸収領域）において第1および第2のパルス
光線が正反射方向以外に散乱（または吸収）されるため、構成パルスの
各振幅は小さくなるが、その振幅に比べて極めて小さいノイズで構成さ
れる高S/N比の第1のパルス出力信号25および第2のパルス出力信号
5 26を得ることが可能となる。

さらに続いて、第2の実施の形態のねじり振動計測装置の上記と異な
る作用を第7図について説明する。例えば、対象回転体5のねじり振動
数が、対象回転体5の回転周波数 $f_m/2$ [Hz]より高い場合がある。

この場合、信号処理装置14では、第j番目（ $1 \leq j \leq m$ ）の反射領
10 域からの第1のパルス出力信号において、第7図に示すように立ち上り
パルスに対して電圧値 V_{th} [V]の閾値を設定し、第 $\{j + (u - 1)k\}$
番目の反射領域からの第1のパルス出力信号のうちの第i番目の反
射パルス光のトリガ時間 $t_{r_{j,i}}$ [s]を計測する。続いて、第 $(j + u k)$
番目（ $1 \leq k \leq m$ ）の反射領域から対となる第i番目の反射パル
15 ス光のトリガ時間 $t_{r_{j+uk,i}}$ [s]を計測する。同様に、各iに対して $t_{r_{j+uk,i}}$ 、 $t_{r_{j+(u-1)k,i}}$ を求め、式(7)から、第1のパルス出力信号
25 の回転周期 T_1 [s]を求める。

$$T_1 = (m/k) \sum_{i=1}^n (t_{r_{j+uk,i}} - t_{r_{j+(u-1)k,i}}) / n \quad \cdots (7)$$

ただし、kは計測する反射板の間隔（個数）である。 m/k は、第j +
20 $(u - 1)k$ 番目と第 $(j + uk)$ 番目の反射領域の間隔が、対象回転
体5の円周に占める割合の逆数を示している。反射領域の間隔が不均等
の場合は、第 $\{j + (u - 1)k\}$ 番目と第 $(j + uk)$ 番目の反射領
域の間隔の実際の長さから m/k を求めるようにする。

同様に、第2のパルス出力信号26についても、回転周期 T_2 [s]
25 を求める。そして、式(4)によって各uにおける回転周期の時間差T

t 、 $[s]$ を順次求めて、その周波数解析を行うことによってねじり振動周波数 $f_t [Hz]$ を求めることができる。

このように、対象回転体 5 のねじり振動数が対象回転体 5 の回転周波数 $f_m / 2 [Hz]$ より高い場合であっても、第 $\{j + (u - 1) k\}$ 番目の反射領域と、第 $(j + u k)$ 番目の反射領域を用い、式 (7) から回転周期 $T_1 [s]$ および $T_2 [s]$ を計測し、式 (4) から回転周期の時間差 $T_t [s]$ を時間とともに順次求め、その周波数解析を行うことによってねじり振動周波数 $f_t [Hz]$ を高精度に求めることが可能となる。

10 以上説明した第 1 および第 2 の実施の形態 (第 1 図、第 6 図) では、第 1 および第 2 の伝送手段 3、4 の各一部の光ファイバ 3 a、4 a はそれぞれ、送信用伝送手段と受信用伝送手段の機能を兼ねている。変形例として、これらを送信用伝送手段と受信用伝送手段で別個のものとしても良い。

15 さらに、以上説明した第 1 および第 2 の実施の形態では、第 1 と第 2 のパルス光照射装置 1、2 または 6 1、6 2 をそれぞれ別個のものとしたが、変形例として、これらのパルス光照射装置を一つのパルス照射装置として、光分離装置を用いてパルス光を分離することも可能である。

次に、第 8 図～第 12 図を参照して本発明の第 3 の実施の形態のねじり振動計測装置を説明する。ここで、第 1 または第 2 の実施の形態と共通または類似の部分には共通の符号を付して、重複説明は省略する。

第 8 図に示すように、本実施の形態のねじり振動計測装置は、パルス光線を出射する第 1 のパルス光照射装置 1 と、出射されたパルス光線を分波器 8 0 によって第 1 から第 6 までのパルス光線に分岐して伝送する多重送信用伝送装置 2 7 とを有する。対象回転体 5 には、パルス光線を反射する第 1 から第 4 までの反射板 6、7 および 2 8、2 9 が取り付け

られている。

このねじり振動計測装置はさらに、伝送された第1から第6のパルス光線を第1から第4の反射板6、7および28、29に照射し、第1から第6の反射パルス光線を受光する第1から第6の送受信装置8、9および30、31、32、33と、受光された第1から第6の反射パルス光線を各々独立に伝送する多重受信用伝送装置34とを有する。このねじり振動計測装置はさらに、伝送された第1から第6の反射パルス光線を検知する第1から第6の検知装置を備えた多重検知装置35と、多重検知装置35が出力する第1から第6のパルス出力信号を処理して対象回転体5のねじり振動周波数を演算する信号処理装置14とを有する。

多重送信用伝送装置27は、パルス光線を伝送する光ファイバまたは空間伝送路、およびパルス光線を分割する分波器80によって構成されている。分波器80は、プリズム、ミラー、ビームスプリッタ等の光線を分割する素子で構成される。本実施の形態の分波器80では1入力2出力であるが、任意の数の入力・出力が可能であり、例えば、1入力6出力の分波器を適用して一度に6分割することもできる。

第1から第4までの反射板6、7および28、29は、対象回転体5の周方向に m 個取り付けられている。

第1の送受信装置8と第3の送受信装置30の対象回転体5の周方向に対する取付間隔は任意であり、また取り付ける送受信装置の個数にも制限はない。この場合、送受信装置を対象回転体5に m 個取り付ける場合の作用は、反射板を m 個取り付けた場合の作用と等価になっている。また、第2の送受信装置9と第4の送受信装置31についても同様である。

他方、対象回転体5の軸方向に関しても、任意の軸位置に任意の個数（ただし2個以上）を取り付けることができる。

多重受信用伝送装置 3 4 は、例えば、6 本のファイバ束または空間伝送路になっており、第 1 から第 6 の反射パルス光線を各々独立に伝送するようにになっている。多重検知装置 3 5 は、各々独立に伝送された第 1 から第 6 の反射パルス光線を個別に検知する第 1 から第 6 の検知装置で構成されている。

以上のように構成した第 3 の実施の形態のねじり振動計測装置の作用は以下のようになる。

第 1 のパルス光照射装置 1 から出射したパルス光線は、多重送信用伝送装置 2 7 によって伝送されると共に途中の分波器 8 0 によって分波され、第 1、第 2、第 3 および第 4 の送受信装置 8、9、3 0、3 1 へ伝送される。第 1 の送受信装置 8 および第 3 の送受信装置 3 0 では、対象回転体 5 に取り付けられた第 1 の反射板 6 に対し、ビーム径 Φ [m] となるようにパルス光線がそれぞれ照射される。そして、それぞれの反射パルス光線が、多重受信用伝送装置 3 4 によって個別に多重検知装置 3 5 へ伝送され、各検知装置で検知される。

信号処理装置 1 4 では、第 1 の送受信装置 8 と第 3 の送受信装置 3 0 の出力信号、第 2 の送受信装置 9 と第 4 の送受信装置 3 1 の出力信号を各々重ね合わせるため、第 9 図に示すように出力信号を検知することができる。両出力信号は、送受信装置の個数だけ反射板を取り付けた場合の結果と同じになっている。そこで、送受信装置が円周方向に等間隔配置されている場合は、送受信装置の取付個数： m 、計測する送受信装置の間隔： k から m/k を求め、不等間隔配置の場合は、実際の送受信装置の間隔から m/k を求め、式 (7) に従って回転周期 T_1 [s] および T_2 [s] を各々 u に対して順次求める。そして、式 (4) によって回転周期の時間差： T_1 [s] を順次求め、その周波数解析を行うことによって、ねじり振動周波数： f_t [Hz] を求めることができる。

このように、送受信装置を対象回転体 5 の周方向に各々 m 個備えることによって、反射板を m 個備えた場合と同じ効果を得ることができ、ねじり振動周波数： f_t [Hz] を高精度に計測することが可能になる。

つぎに、第 3 の実施の形態のねじり振動計測装置の上記と異なる作用
5 について説明する。

第 1 のパルス光照射装置 1 から出射したパルス光線は、多重送信用伝送装置 2 7 によって伝送されると共に途中の分波器 8 0 によって分波され、第 3 から第 6 の送受信装置 3 0 ~ 3 3 へ伝送される。第 3 の送受信装置 3 0 では第 1 の反射板 6、第 4 の送受信装置 3 1 では第 2 の反射板
10 7、第 5 の送受信装置 3 2 では第 3 の反射板 2 8、第 6 の送受信装置 3 3 では第 4 の反射板 2 9 に対し、それぞれパルス光線が照射される。そして、それらの反射パルス光線が、多重受信用伝送装置 3 4 によって個別に多重検知装置 3 5 へ伝送され、各検知装置で検知される。多重検知装置 3 5 の出力信号は、信号処理装置 1 4 へ伝送される。

15 信号処理装置 1 4 では、第 1 0 図に示すように第 3 の送受信装置 3 0 による第 3 のパルス出力信号 3 8、第 4 の送受信装置 3 1 による第 4 のパルス出力信号 3 9、第 5 の送受信装置 3 2 による第 5 のパルス出力信号 4 0、第 6 の送受信装置 3 3 による第 6 のパルス出力信号 4 1 を検知する。そして、各出力信号からその回転周期 T_3 [Hz]、 T_4 [Hz]、
20 T_5 [Hz]、 T_6 [Hz] を各 u に対して順次求め、それらのうちの 2 個ずつの組み合わせについて、式 (4) によって回転周期の時間差： T_t [s] を順次求め、その周波数解析を行うことにより、ねじり振動周波数 f_t [Hz] を軸方向の多点で求めることができる。求めたねじり振動周波数 f_t [Hz] の値を平均することによって、計測精度を向上
25 させることができる。

なお、本実施の形態における送受信装置の個数は 4 個であるが、送受

信装置の個数が多いほどねじり振動周波数 f , [H z] を多点で計測することができる。

上述したように、送受信装置を対象回転体 5 の軸方向に 3 個以上備えることにより、ねじり振動周波数 f , [H z] を軸方向の多点で計測する
5 ことができ、平均化することによって高精度に計測することが可能となる。

なお、第 8 図では、多重送信用伝送装置 2 7 と多重受信用伝送装置 3 4 とを別個の伝送路（例えば光ファイバ）としたが、これらを合わせて 1 本の多重伝送装置とすることも可能である。

10 本発明によれば、対象回転体の回転軸に軸振動が存在する場合であっても、回転体のねじり振動および回転速度を高精度に計測することが可能なねじり振動計測装置を提供することができる。

請 求 の 範 囲

1. ねじり振動を計測すべき対象回転体の表面に軸方向に所定の距離を
おいて配置された複数の反射手段と、

5 前記複数の反射手段に照射すべき繰返しパルス光線を出射するパルス
光照射手段と、

前記出射されたパルス光線を伝送する送信用伝送手段と、

前記伝送されたパルス光線を前記複数の反射手段に照射し、前記複数
の反射手段によって反射された複数の反射パルス光線をそれぞれ受光す

10 る複数の送受信手段と、

前記受光された複数の反射パルス光線を伝送する受信用伝送手段と、

前記受信用伝送手段によって伝送された複数の反射パルス光線を検知
する複数の検知手段と、

前記複数の検知手段がそれぞれ出力する複数のパルス出力信号を処理
15 して対象回転体のねじり振動周波数を演算する信号処理手段と、

を備えたことを特徴とするねじり振動計測装置。

2. 前記パルス光照射手段は、パルス繰返し周波数およびパルス時間
幅を変動させてパルス光線を出射できるように構成されていることを特
20 徴とする請求の範囲第1項に記載のねじり振動計測装置。

3. 前記パルス光照射手段は、前記複数の送受信手段ごとに別個に設け
られていることを特徴とする請求の範囲第1項に記載のねじり振動計測
装置。

4. 前記送信用伝送手段は、前記パルス光照射手段から照射されたパル

ス光を前記複数の送受信手段に分波して伝送するための分波器を有することを特徴とする請求の範囲第1項に記載のねじり振動計測装置。

5 5. 前記複数の反射手段と、前記複数の送受信手段とはそれぞれ、前記対象回転体の半径方向に並びうる位置に配置され、前記パルス光線が前記複数の反射手段に対してほぼ垂直に照射されうるように向けられていることを特徴とする請求の範囲第1項に記載のねじり振動計測装置。

10 6. 前記送信用伝送手段と前記受信用伝送手段とが少なくとも一つの光分割手段を有し、前記送信用伝送手段と前記受信用伝送手段とが、それぞれ少なくとも部分的に共通の導光路を利用するものであることを特徴とする請求の範囲第1項に記載のねじり振動計測装置。

15 7. 前記信号処理手段は、前記複数のパルス出力信号のそれぞれから得られる前記対象回転体の回転周期の差に基づいて対象回転体のねじり振動周波数を演算するものであることを特徴とする請求の範囲第1項に記載のねじり振動計測装置。

20 8. 前記送受信手段は、対象回転体の周方向に複数配置されていることを特徴とする請求の範囲第1項に記載のねじり振動計測装置。

9. 前記送受信手段および反射手段が、前記対象回転体の軸方向にそれぞれ少なくとも3箇所に配置されていることを特徴とする請求の範囲第1項に記載のねじり振動計測装置。

10. 前記反射手段は、光線を高反射率で反射する高反射領域と、この

高反射領域よりも低い反射率で反射する低反射領域が対象回転体の周方向に分布していることを特徴とする請求の範囲第1項に記載のねじり振動計測装置。

5 1 1 . 前記複数の反射手段は各々、前記対象回転体の周方向に複数取り付けられていることを特徴とする請求の範囲第1項に記載のねじり振動計測装置。

10 1 2 . 前記信号処理手段は、前記複数の検知手段が出力する前記複数のパルス出力信号を微分処理することによって対象回転体のねじり振動周波数を演算するように構成されていることを特徴とする請求の範囲第1項に記載のねじり振動計測装置。

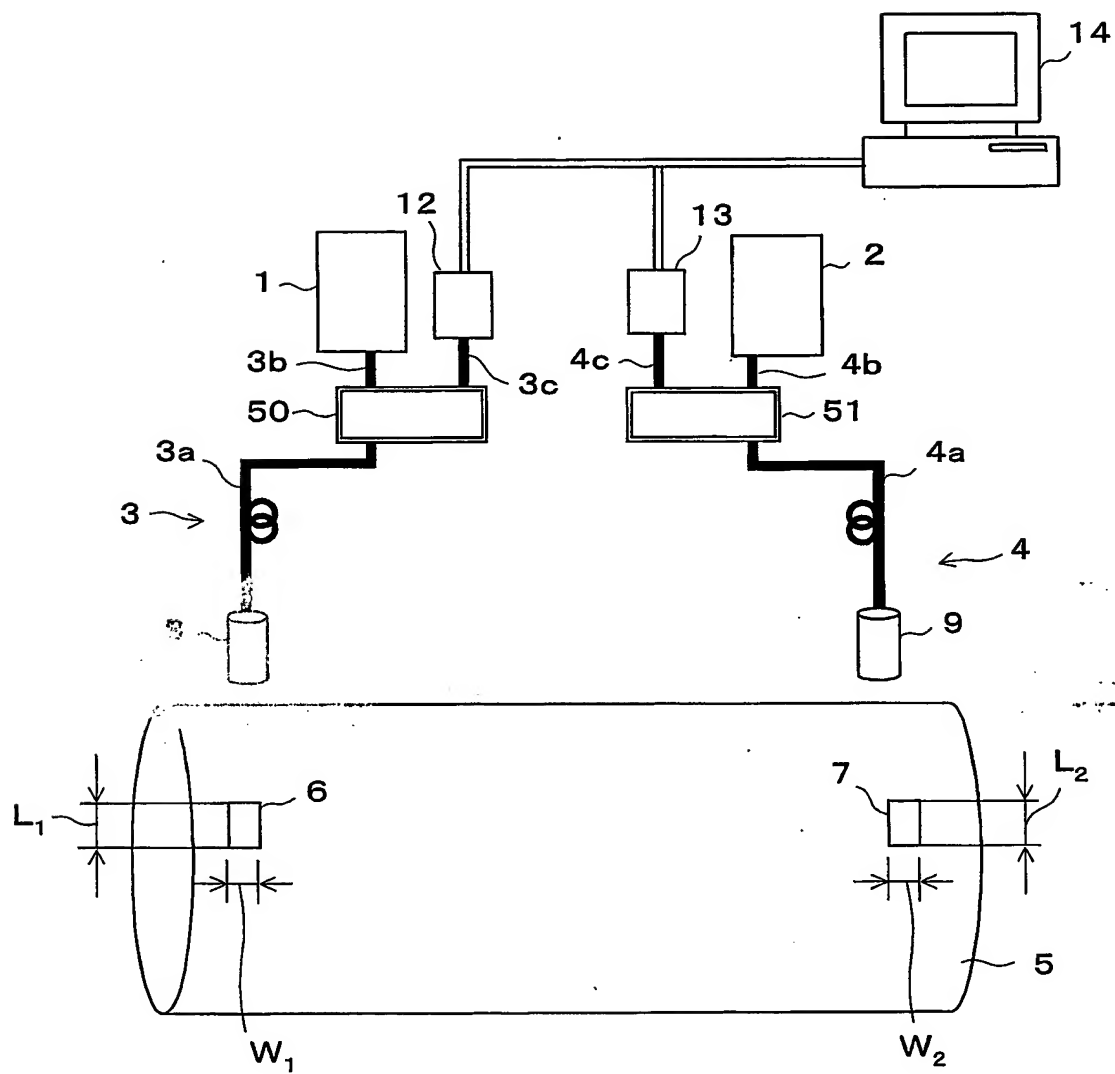
15 1 3 . 前記信号処理手段は、前記複数の検知手段が出力する前記複数のパルス出力信号をデジタル計数することによって対象回転体のねじり振動周波数を演算するように構成されていることを特徴とする請求の範囲第1項に記載のねじり振動計測装置。

20 1 4 . 前記信号処理手段は、前記複数の反射手段のそれぞれの周方向長さをを用いて対象回転体のねじり振動周波数を演算するように構成されていることを特徴とする請求の範囲第1項に記載のねじり振動計測装置。

25 1 5 . 前記パルス光照射手段は、そのパルス光の波長を変えられるように構成されていることを特徴とする請求の範囲第1項に記載のねじり振動計測装置。

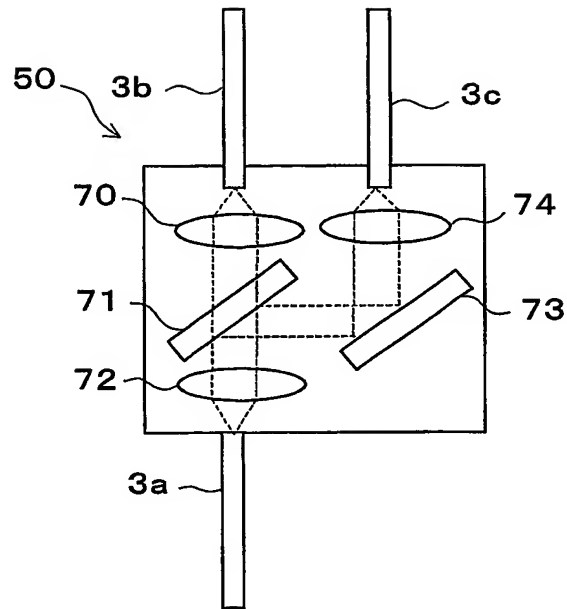
16. 前記検知手段は、前記反射パルス光線を波長的に選択して検出する波長選択手段を備えたことを特徴とする請求の範囲第1項に記載のねじり振動計測装置。
- 5 17. 前記反射手段に照射される前記パルス光線の寸法が、前記対象回転体の軸方向および周方向の前記反射手段の寸法よりもはるかに小さくなるように構成されていることを特徴とする請求の範囲第1項に記載のねじり振動計測装置。

第1図

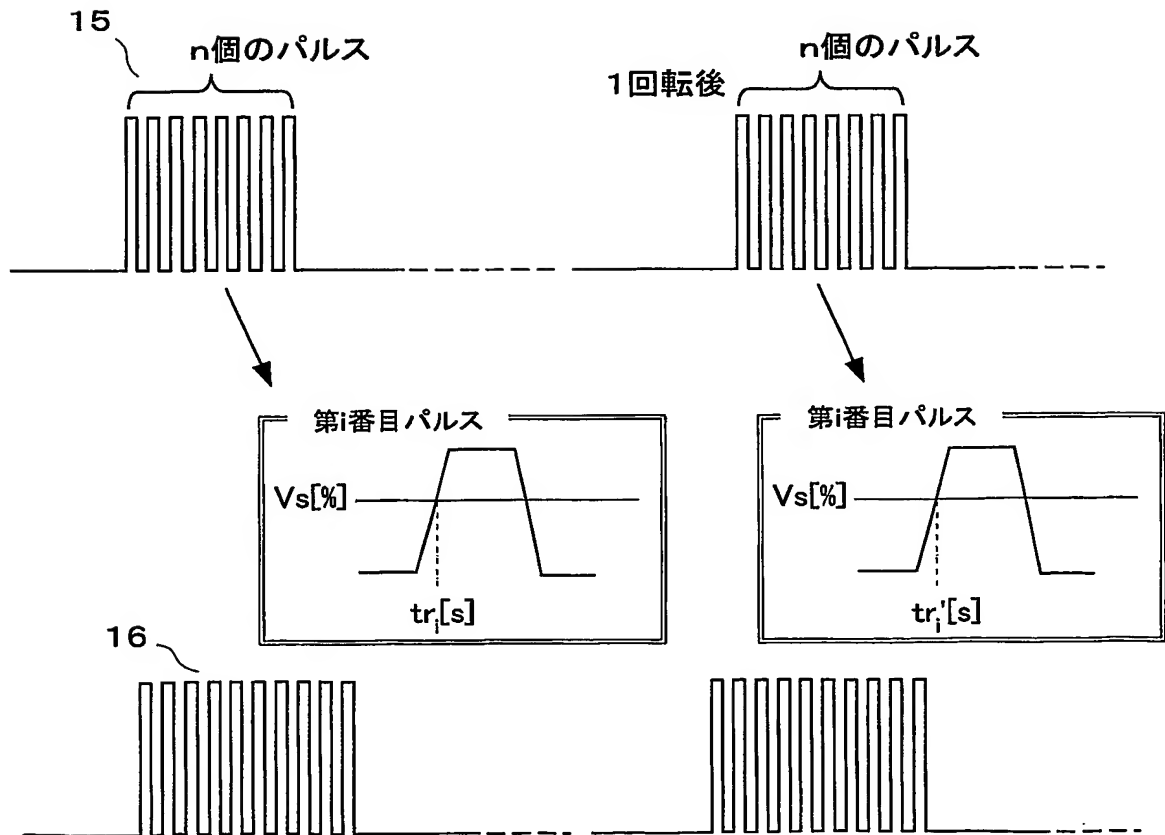


2/8

第2図

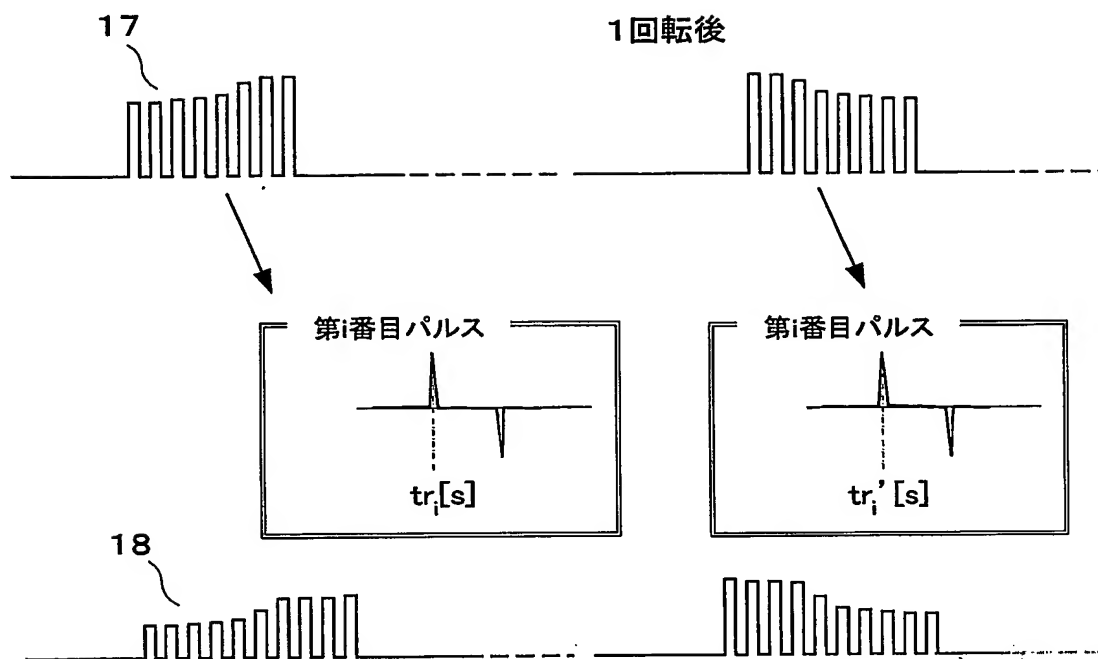


第3図

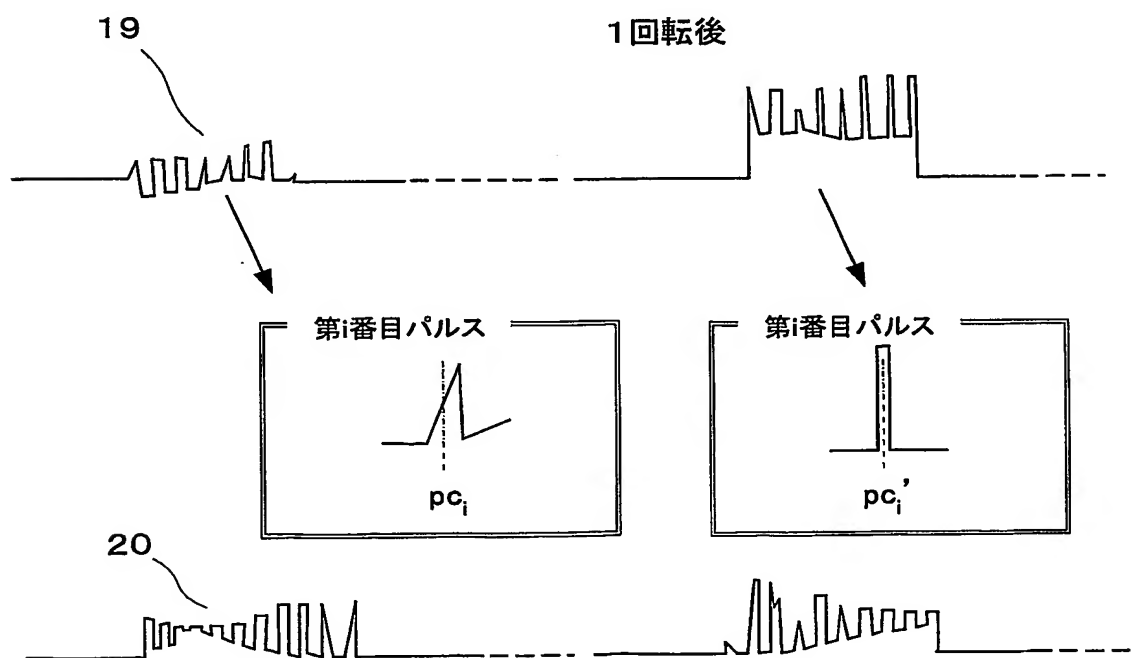


3/8

第4図



第5図

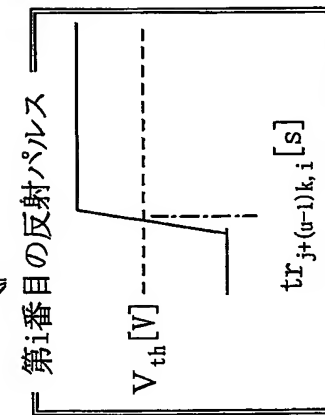
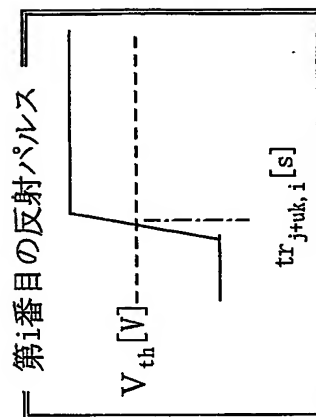
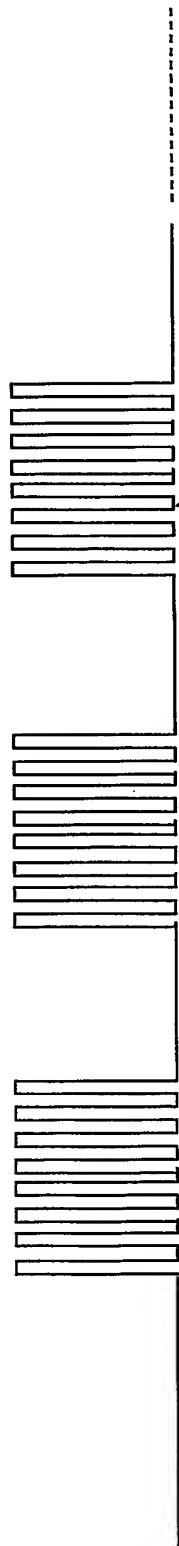


第7図

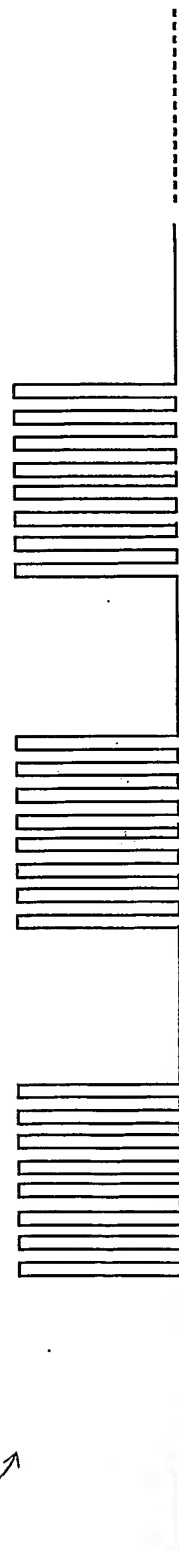
第(j+uk)番目の
第1パルス出力信号

第(j+(u-1)k)番目の
第1パルス出力信号

25



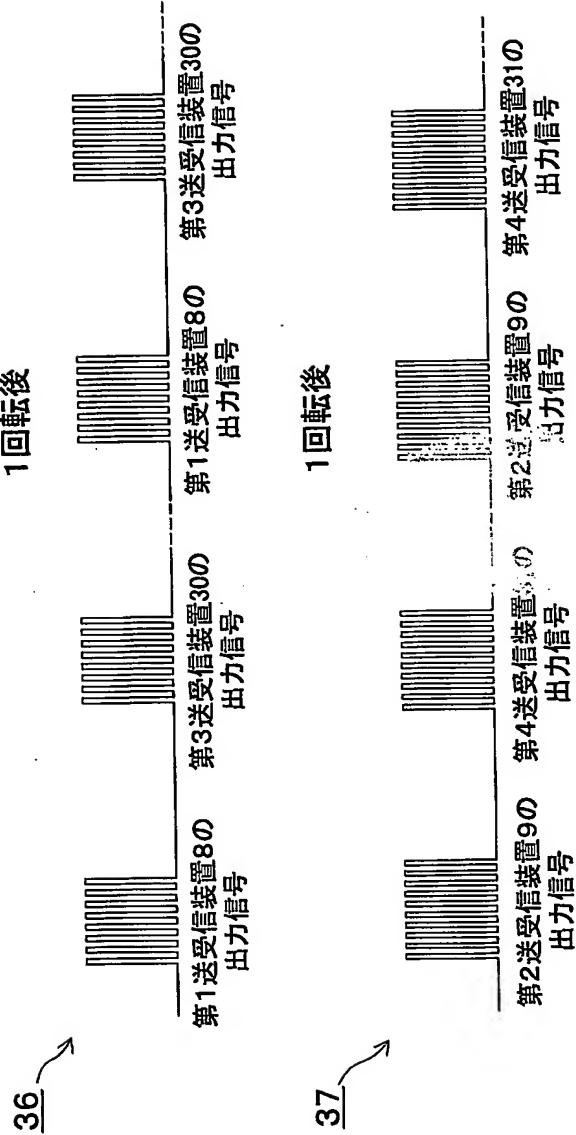
26



第i番目の反射パルス

第i番目の反射パルス

第9図



8/8

第10図

1回転後



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/03979

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ G01H9/00, G01H1/10

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ G01H9/00, G01H1/10

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2002-22564 A (Toshiba Corp., et al.), 23 January, 2002 (23.01.02), Page 6, column 9; Par. No. [0056] & US 6460422 B1	1, 3-8, 10-11, 17 2, 9, 12-16
A	JP 7-20053 A (WALKER, Dana, A.), 05 October, 1995 (05.10.95), & WO 93/21502 A1 & WO 95/11431 A1 & US 5253531 A1 & US 5474813 A1 & US 5734108 A1	1, 3-8, 10-11, 17 2, 9, 12-16
A	US 5747699 A1 (Gunter Ebi), 05 May, 1998 (05.05.98), & WO 96/2815 A1 & DE 4425503 C & EP 771413 B1	1-17

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
 "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier document but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
01 July, 2003 (01.07.03)

Date of mailing of the international search report
15 July, 2003 (15.07.03)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/03979

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5723794 A1 (Frederick M. Discenzo), 03 March, 1998 (03.03.98), & WO 97/12214 A1 & EP 795123 B1	1-17
A	JP 7-3360 B (Hitachi, Ltd.), 18 January, 1995 (18.01.95), & US 4862749 A1 & EP 284087 A2	1-17
A	JP 7-5056 A (General Electric Corp.), 10 January, 1995 (10.01.95), & EP 608993 A2 & US 5438882 A1	1-17
A	JP 4-348239 A (Mazda Motor Corp.), 03 December, 1992 (03.12.92), & US 5297044 A1	1-17
A	US 5001937 A1 (James H. Bechtel), 26 March, 1991 (26.03.91), & WO 91/6840 A1	1-17
A	US 4918997 A1 (Jean Polluillage), 24 April, 1990 (24.04.90), & FR 2612633 A1 & EP 285827 B1	1-17
A	US 5723794 A1 (Seetha R. Mannava), 25 June, 1985 (25.06.85), (Family: none)	1-17
A	JP 55-131738 A (Queen's University at Kingston), 13 October, 1980 (13.10.80), & DE 3011700 A1 & GB 2049169 A & CA 1121174 A & US 4347748 A1	1-17
A	JP 52-142568 A (Ono Sokki Co., Ltd.), 28 November, 1977 (28.11.77), & JP 52-142557 A & US 4352295 A1	1-17

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G01H9/00, G01H 1/10

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G01H9/00, G01H 1/10

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2003年
日本国登録実用新案公報	1994-2003年
日本国実用新案登録公報	1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y A	JP 2002-22564 A(株式会社東芝 外1名) 2002.01.23 第6ページ第9欄【0056】 & US 6460422 B1	1,3-8, 10-11, 17 2, 9, 12-16
Y A	JP 7-509053 A(ウォーカー ダナ エイ) 1995.10.03 & WO 93/21502 A1 & WO 95/11431 A1 & US 5253531 A1 & US 5474813 A1 & US 5734108 A1	1,3-8, 10-11, 17 2, 9, 12-16

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

01.07.03

国際調査報告の発送日

15.07.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

秋田 将行

2J

9302

電話番号 03-3581-1101 内線 3251



C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	US 5747699 A1(Günter Ebi) 1998.05.05 & WO 96/2815 A1 & DE 4425503 C & EP 771413 B1	1-17
A	US 5723794 A1(Frederick M. Discenzo) 1998.03.03 & WO 97/12214 A1 & EP 795123 B1	1-17
A	JP 7-3360 B(株式会社日立製作所) 1995.01.18 & US 4862749 A1 & EP 284087 A2	1-17
A	JP 7-5056 A(ゼネラル エレクトリック カンパニー) 1995.01.10 & EP 608993 A2 & US 5438882 A1	1-17
A	JP 4-348239 A(マツダ株式会社) 1992.12.03 & US 5297044 A1	1-17
A	US 5001937 A1(James H. Bechtel) 1991.03.26 & WO 91/6840 A1	1-17
A	US 4918997 A1(Jean Polluillange) 1990.04.24 & FR 2612633 A1 & EP 285827 B1	1-17
A	US 5723794 A1(Seeetha R. Mannava) 1985.06.25 (ファミリーなし)	1-17
A	JP 55-131738 A(クイーンズ ユニバーシティ アット キングストン) 1980.10.13 & DE 3011700 A1 & GB 2049169 A & CA 1121174 A & US 4347748 A1	1-17
A	JP 52-142568 A(株式会社小野測器製作所) 1977.11.28 & JP 52-142557 A & US 4352295 A1	1-17